

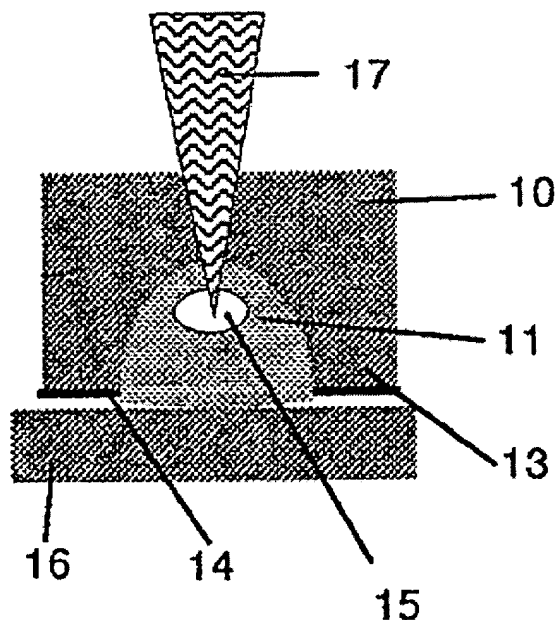
Printing cylinder

Patent number: DE19746174
Publication date: 1999-07-08
Inventor: LEHMANN UDO DR (DE)
Applicant: LEHMANN UDO DR (DE)
Classification:
 - international: **B41J2/005; B41J2/485; B41M1/10; B41J2/005; B41J2/485; B41M1/10; (IPC1-7): B41M1/10; B41F9/00; B41J2/485; B41M5/00; G01D15/18**
 - european: **B41J2/005; B41J2/485; B41M1/10; B41M5/38S; Y01N8/00**
Application number: DE19971046174 19971018
Priority number(s): DE19971046174 19971018

[Report a data error here](#)

Abstract of DE19746174

For a gravure printing process, a transparent printing cylinder (10) carries a number of small cups and has an inner energy supply. The cups are fed with a continuous supply of a fluid printing ink (11) forming a surface tension. The energy supply (17) gives an induced movement to the ink (11) within the cups to alter the ink vol. and position, so that the ink surface projects over the cylinder (10) surface to apply an ink dot to the printed material (16). The printing form is a rotating printing cylinder (10), with surface cups in a layout representing the printed image. A static unit within the cylinder delivers an energy beam (17) which activates the ink (11) in the cups to deposit ink dots on the printed material (16). The printing cylinder (10) is of a transparent material, to allow the energy beam (17) through, such as of glass or a polymer. The energy beam (17) transfers its energy to an absorption layer at the cups to effect a heat transfer to the ink (11). This triggers a thermal/physical reaction in the ink (11) from an absorption layer which can be at the inner and/or outer side of the ink cups. The printed image is transferred to the material by digital modulation of the energy beam (17). The printed image required is shown on a non-transparent material placed at the inner surface of the cylinder (10), and perforated at points where the energy beam (17) is to pass through to give the ink dots for the printed image. The layer is given a direct digital control, and is of a replaceable polymer film prepared by a photo-chemical process. The transparent and non-transparent points are prepared by a magneto-optical process. The ink (11) in the cups can be activated by an external energy beam (17), with energy absorption within the ink cups. The energy can be directed at the ink cups from behind, through the transparent printing cylinder, into



an absorption layer to give an indirect heating to evaporate or expand the ink. The ink cups have a second and smaller opening, as a link to the ink supply container. A printing cylinder (10), with ink cups, is charged with ink, and the ink cups are cleared of surplus ink by one or more rollers. An ink-repellent protective layer is used on the web surfaces (13) of the printing cylinder (10). The position changes of the ink (11) surface tension in the ink cups is through different electrostatic attraction forces, where wither the printing cylinder (10) or the image drum, or both, have point charges. Or the surface tension changes are through different magnetic attraction forces, using magnetic inks, with point magnetism at either the printing cylinder (10) or image drum, or both. The image drum can be cleared of an electrostatic charge at local points. The same or different printing speeds are set for the printing cylinder (10) and the printed material (16). The printing cylinder (10) has a smooth inner and outer surface. A seamless and transparent sleeve, fitted with ink cups, is fitted round the outer surface, or the sleeve is formed from a replaceable sheet which is wrapped round the cylinder.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 197 46 174 C 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 41 M 1/10
B 41 J 2/485
B 41 F 9/00
G 01 D 15/18
B 41 M 5/00

⑦① Aktenzeichen: 197 46 174.3-45
⑦② Anmeldetag: 18. 10. 97
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 7. 99

DE 197 46 174 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Lehmann, Udo, Dr., 64297 Darmstadt, DE

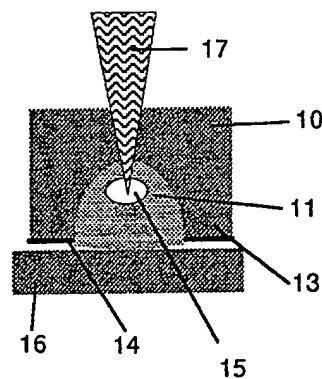
⑦② Erfinder:
gleich Patentinhaber

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 1 95 44 099 A1
DE 37 05 988 A1
EP 07 11 671 A1

⑤④ **Druckverfahren und Einrichtung zu dessen Durchführung**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Druckverfahren, bei dem die Vorteile der Tintendruckverfahren, insbesondere des Bubblejets, mit den Vorteilen des konventionellen Tiefdrucks kombiniert werden. Dabei wird das Grundprinzip des Bubblejets durch das erfindungsgemäße Verfahren der Tropfenauswahl optimiert. Der bei den Tintendrucksystemen übliche starre Druckkopf wird bei dieser Erfindung durch einen rotierenden zylindrischen transparenten Druckzylinder (10) ersetzt. Die Tropfenauswahl erfolgt einerseits mit Hilfe eines Energiestrahls (17), der digital angesteuert wird, oder andererseits durch punktuell unterschiedliche elektrostatische oder magnetische Ladungen zwischen Druckschicht (11) und Bedruckstoff (16). Der in der Tintendrucktechnologie schwierige, weil energiereiche Schritt der Tintenablösung vom Farbkörper erfolgt bei diesem Verfahren nach den Gesetzmäßigkeiten der Adhäsionskraft zwischen Druckschicht (11) und Bedruckstoff (16), wie es im konventionellen Tiefdruck üblich ist. Dadurch wird der Energiebedarf der Tropfenablösung im erheblichen Maße reduziert, was zu einer technisch gut zu beherrschenden Lösung führt.



DE 197 46 174 C 1

Die Erfindung betrifft ein dem Tiefdruck ähnliches Druckverfahren, das in der Lage ist, eine Druckschubstanz, die sich in einer in einem transparenten Material (Glas, Polymer) geformten geeigneten Vertiefung (Näpfchen) befindet, mit Hilfe eines Energiestrahls (Laserstrahl oder Elektronenstrahl) zu verdrücken. Dabei zeichnet sich das neue Druckverfahren besonders dadurch aus, daß sich die Näpfchen auf einem drehbar gelagerten transparenten Zylinder mit einem innen liegenden Energiestrahlsystem (z. B. Lasersystem) befinden. Durch einen digital ansteuerbaren Energiestrahlschläßt sich, durch Fokussierung des Energiestrahls in die flüssige, meniskusbildende Druckschubstanz, die Druckschubstanz in den Näpfchen in ihrem Volumen oder Position verändern, so daß ein direkt darunter geführter Bedruckstoff durch Berührung mit der Druckschubstanz bedruckt wird. Hierbei werden die Vorteile von elektrothermischen Tintendruckverfahren mit den Vorteilen des konventionellen Tiefdrucks verknüpft.

Weltweit existiert eine große Anzahl von digital ansteuerbaren Drucksystemen, die in der Lage sind, einzelne Druckpunkte auf Bedarf zu drucken. Solche Drucksysteme benutzen verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Druckschubstanzen auf unterschiedlichen Bedruckstoffen. Einige Beispiele von digital ansteuerbaren Drucksystemen sind:

Laserelektrofotografen (Laserdrucker), LED-Elektrofotografen, Nadeldrucksysteme, Thermodrucksysteme, Belichtungssysteme, Thermo-Transferdrucksysteme, Sublimationsdrucksysteme und Tintendrucksysteme (Ink-Jet). Derartige Drucksysteme sind beispielsweise durch folgende Druckschriften bekannt: US-PS 941.001; 3.373.473; 3.416.153; 3.946.398; 4.275.290; oder GB-PS 2.007.162 und WO 96/32297.

Durch die DE-OS 195 44 099 wird eine thermografische Druckeinrichtung offenbart, bei der ein mit direkt aneinander liegende Näpfchen versehener, transparenter Zylinder als Farb- oder Druckträger dient, wobei der Zylinder rotierend in ein Farbvorratsbehälter eintaucht, die Näpfchen mit geschmolzener Farbe gefüllt und anschließend die Farbe durch thermische Beeinflussung in einen festen Zustand gebracht wird. Die Druckübertragung auf ein Druckmaterial erfolgt durch Wärmewirkung einer Wärmequelle im Inneren des Zylinders auf selektierte Näpfchen mit fester Farbe. Diese Einrichtung verbraucht durch mehrfaches thermisches Behandeln der Druckfarbe viel Energie.

Weiterhin wird in der DE-OS 37 05 988 ein Durchdruckverfahren beschrieben, bei dem die Druckform eine vorher mit den Druckinformationen versehene, feinstperforierte Folie ist, wobei die Durchlässe als Kapillaren wirken in denen eine niedrigviskose Druckschubstanz eingebracht ist, die entweder mittels mechanischer definierter Druckkraft oder durch Ultraschall das Druckbild insgesamt auf einen Bedruckstoff übertragen wird. Eine gezielte Ansteuerung oder Auswahl einzelner Druckpunkte ist mit diesem Verfahren nicht möglich.

Durch die EP- 0711 671 wird ein elektrostatisches Verfahren zur Übertragung von Tinte in einem Druckprozess beschrieben, insbesondere bei der Herstellung von Farbfiltern für Flüssigkristallanzeigen, bei dem eine mit der Druckinformation gravierte Druckplatte auf einem Zylinder rotierend mit Tinte oder Farbe versehen wird und die Druckinformation auf einen vorher elektrisch aufgeladenen Bedruckstoff/Glasplatte während der Rotation übertragen wird. Die Übertragung der Tinte kann auch durch ein magnetisches Feld erfolgen. Auch hier ist der Energieaufwand erheblich und eine definierte Übertragung einzelner Druckpunkte nicht möglich.

Durch die vorstehend genannten Verfahren und Einrichtungen sind folgende Tropfenauswahlmethoden bekannt:

- a) Elektrothermische Reduktion der Tropfenoberflächenspannung,
- b) Elektrothermische Gasblasenerzeugung
- c) Piezoelektrische Tropfenerzeugung,
- d) Elektrostatische Anziehungskraft direkt an der Druckdüse.

Weiterhin sind folgende Tropfenabtrennungsmethoden bekannt:

- a) Berührung des Tropfens mit dem Bedruckstoff durch gezielte Annäherung des Bedruckstoffs zum Druckkopf,
- b) Berührung des Tropfens mit dem Bedruckstoff durch oszillierenden Tintendruck,
- c) Elektrostatische Anziehungskraft,
- d) Magnetische Anziehungskraft,
- e) Impulskraft des Tropfens

Damit die Tintendrucktechnologie an den Anforderungen konventioneller Druckmaschinen gemessen werden kann, um entsprechend intensiv in diesen konventionellen Druckmarkt eindringen zu können, sind folgende Anforderungen wünschenswert:

Tabelle 1

Ziele des Tintendrucks

Ziel	Methoden
hohe Druckgeschwindigkeiten	leicht herstellbare, preiswerte und seitengroße Druckköpfe mit ca. 10.000 Druckdüsen
hohe Bildqualität	möglichst hohe Druckauflösung (ca. 800 dpi) mit der Möglichkeit, mehrere Farben einzusetzen
hohe Farbqualität	Halbtondarstellung des Druckpunktes bei 800 dpi
Standarddrucksubstanzen	thermisch-physikalisch geringe Ansprüche an die Druckschubstanz
geringe Energieansprüche des Druckkopfes	Verdrücken von Drucktropfen mit geringen thermisch- physikalisch belastenden Verfahren

Ziel

geringer Herstellungspreis und hohe Herstellungsausbeute

Methoden

einfache Druckkopfherstellung mit möglichst standardisierten Methoden und möglichst wenigen elektrischen Kontakten

5

Gerade die elektrothermischen und die piezoelektrischen Tintendrucksysteme arbeiten mit einer sehr geringen Effizienz von nur ca. 0,02% Energieausbeute. Das bedeutet das Schalten und Regeln großer Energiemengen für die Druckkopfsteuereinheit. Bei der Regelung eines piezoelektrischen Verfahrens muß der Druckkopf selbst hohe elektrische Spannungen verarbeiten. Soll beispielsweise eine DIN A4-Seite mit 800 dpi Auflösung innerhalb einer Sekunde mit dem Bubblejet-Verfahren hergestellt werden, so müßte für die Verdrückung einer Farbe eine elektrische Energiemenge von ca. 1,5 kW aufgebracht werden. Die thermisch-physikalischen Probleme der kleinen Druckdüsen sind leicht abschätzbar. Ein weiteres Problem berührungsloser Druckverfahren (non-Impact) ist die Herstellung kleinster Düsenquerschnitte (10–15 µm), um einen Druckpunkt mit ca. 30–40 µm Querschnitt zu erhalten. Das liegt zum einen an den Kapillarkräften des Bedruckstoffs und zum anderen an der hohen Impulsenergie fliegender Tropfen (ca. 10 m/sec).

10

15

Die Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, das signifikante Absenken der einzusetzenden Energiemenge für das Verdrücken eines Punktes bei gleichzeitiger Verbesserung der Druckpunktqualität durch scharfe Druckpunktträger und kleine Druckpunkte zu erreichen.

Eine weitere wichtige Aufgabe dieser Erfindung ist es, durch Kombination der konventionellen Tiefdrucktechnik mit den Möglichkeiten des Tintendrucks die Herstellungskosten sowie die laufenden und die Wartungskosten drastisch zu senken.

20

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein dem konventionellen Tiefdruck angenähertes Druckverfahren einerseits, das in der Lage ist, flüssige Drucksubstanzen zu drucken mit signifikanten Vorteilen gegenüber diesen bekannten Verfahren und Einrichtungen, verbunden mit den Vorteilen des "drop-on-demand"-Verfahren (DOD), bei dem der ausgewählte zu druckende Tropfen durch ein besonderes Verfahren in seiner Position verändert wird und so dem Bedruckstoff zugeführt wird. Die nicht ausgewählten Tropfen bleiben in ihrer Position konstant.

25

Der besondere Aspekt dieser Erfindung ist, daß das gezielte Auswählen bestimmter zu übertragender Tropfen durch Absorption der Energie eines Energiestrahls (Laser-, Ionen-, Elektronenstrahl) und damit durch die Bildung einer Gasblase erfolgt oder durch punktuelle elektrostatische oder magnetische Wechselwirkungen zwischen Drucksubstanz und einer korrespondierenden Bildtrommel. Dabei durchdringt der Energiestrahle den transparenten Druckkopf (Druckzylinder) in der Art, daß die Energie des Strahls erst in der Drucksubstanz unter Ausbildung einer thermisch-physikalischen Reaktion absorbiert wird. Dabei kann die Energie so geregelt werden, daß entweder nur eine Positionsveränderung eines Tropfens ohne Ablösung vom Farbkörper oder durch starken Energiebeschuß eine Ablösung eines Tropfens vom Farbkörper erfolgt.

30

Ein weiterer wesentlicher Vorteil dieser Erfindung ist, daß die Ablösung des Tropfens vom Farbkörper durch die Berührung des Tropfens mit dem Bedruckstoff bei gleichzeitiger Berührung der Druckdüse mit dem Bedruckstoff erfolgt. Dadurch wird durch Bildung einer geschlossenen Druckkammer dem abgelösten Tropfen zusätzlich eine Führung gegeben, was einen qualitativ besseren und kleineren Druckpunkt erzeugt.

35

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der nachfolgenden Beschreibung und den schematisch dargestellten Zeichnungen näher erläutert.

40

Es zeigt:

Fig. 1 den Querschnitt der Drucknäpfchen (Düsen), die sich in einem transparenten Material befinden,

Fig. 2 einen Druckzyklus mit einem kurzen Energieimpuls während der Rotation der Drucktrommel,

Fig. 3 das Einwirken des Energieimpulses in die Drucksubstanz (a) und in eine energieabsorbierende Zwischenschicht (b),

45

Fig. 4 den Grundaufbau einer Drucktrommel, in der sich Näpfchen befinden (a), und einer glatten Drucktrommel, um die herum sich eine mit Näpfchen versehene transparente Hülse befindet (b),

Fig. 5 den Grundaufbau des Druckwerks, bei der sich auf der Innenseite des Druckzylinders eine in der Transparenz veränderbare Schicht befindet, in der das zu druckende Bild durch punktuelltes Ändern der Transparenz mit geeigneten Verfahren reproduziert werden kann,

50

Fig. 6 den Grundaufbau des Druck- und Farbwerks,

Fig. 7 vier Farbwerke mit vier verschiedenen Farben,

Fig. 8 den schematischen Aufbau des Druckwerks für den Fall der elektrostatischen oder magnetischen Tropfenauswahl mit einer zugehörigen Bildtrommel (29), die eine punktuelle Entladung oder Entmagnetisierung zuläßt (a), und für den Fall, daß die punktuelle Entladung auf dem Druckzylinder (10) vorgenommen werden kann (b).

55

Der Hauptaspekt dieser Erfindung betrifft ein DOD-Verfahren, bei dem die zu druckenden Tropfen gezielt durch Positionsveränderung im Drucknäpfchen ausgewählt werden. Bei der Drucktropfenauswahl wird nur so wenig Energie aufgewendet, daß es dabei noch zu keiner Trennung zwischen Tropfen und Farbkörper kommt.

Die Trennung des Tropfens vom Farbkörper erfolgt erst durch Berührung des Tropfens mit dem Bedruckstoff durch die dabei auftretende Adhäsionskraft.

60

Die in dieser Erfindung benutzte Tropfenauswahlmethode besteht in der Verwendung eines Energiestrahls (z. B. Laser) der die ausgewählten Tropfen mit Hilfe eines kurzen Impulses (1–10 msec) in ihrer Position verändert. Diese Methode besitzt eine Reihe von Vorteilen gegenüber den o. g. Methoden. Da die thermisch-physikalische Reaktion direkt in der Drucksubstanz durch Energieabsorption initiiert wird, ist die eingesetzte Energiemenge nur ein Bruchteil der Energiemenge, die bei einem elektrothermischen Verfahren verwendet wird (ca. 0,1–1% der Energie von elektrothermischen Verfahren). Darüber hinaus ermöglicht dieses Verfahren eine preiswerte Herstellung der Druckeinheit, eine sehr hohe Druckpunktdichte (> 1000 dpi) sowie den Einsatz standardisierter und somit preiswerter Drucksubstanzen.

65

Neben der Tropfenauswahl ist die Tropfenablösung vom Farbkörper ein zweiter notwendiger und energieverbrauchender

der Schritt für die Erzeugung eines Druckpunktes. Dabei ist sicher zu stellen, daß die nicht ausgewählten Tropfen keinen Druckpunkt und die ausgewählten Tropfen den gewünschten Druckpunkt erzeugen.

Tabelle 3:

Tropfenablöseverfahren

Methode	Vorteil	Grenzen
elektrostatische Anziehungskraft	Bedrucken rauher Oberflächen, einfache Technik	benötigt hohe elektrische Spannungen
elektrische Wechselfelder	große elektrische Feld-dichte, dadurch Reduktion des Tintendrucks, bessere Druckpunkt-qualität	erfordert Synchronisation der Wechselfelder mit Tintenausstoß, Verarbeitung vieler Tropfenphasen ist schwierig
geringer Abstand	kleine Druckpunkte, hoher Wirkungsgrad, gute Druckpunktpositionierbarkeit	erfordert Abstandskontrolle Druckkopf-Be-druckstoff, nur für glatte Bedruckstoffe
Abstandskontrolle durch oszillierenden Tintendruck	gut geeignet für heißschmelzende Tinte, es können auch Pigmente eingesetzt werden	erfordert Tintendruck-oszillator und Ab-standskontrolle, nur für glatte Bedruckstoffe
magnetische Anziehungskraft	geeignet für rauhe Oberflächen, geringe Energie für Magnetisierung erforderlich	erfordert homogene und hohe magnetische Feld-dichte, erfordert magnetische Tinte

Auffallend ist, daß es kein allgemein einsetzbares Tropfenablöse-Verfahren für alle Anwendungen gibt. Das eine Verfahren ist besonders gut für hohe Geschwindigkeiten, aber nur für glatte Bedruckstoffe geeignet; ein anderes ist für rauhe Bedruckstoffe, aber nur mit Spezialtinte in Kombination mit hightech-equipment, geeignet, und wieder ein anderes erzeugt besonders kleine Druckpunkte, aber nur in Kombination mit aufwendiger Abstandskontrolltechnik zwischen Bedruckstoff und Druckkopf.

Diese Erfindung hat den Anspruch, ein Tropfenablöseverfahren einzusetzen, daß weder mit hightech-equipment, noch mit Spezialdrucksubstanzen sehr gute Druckpunktqualitäten mit hoher Geschwindigkeit erzeugt. Zum Einsatz kommt dafür ein um die Längsachse rotierender transparenter Druckkopf, der als Druckzylinder (10) ausgelegt und ganzflächig mit kleinen Näpfchen (12) versehen ist. Dabei berührt der Druckzylinder (10) den Bedruckstoff (16) und hält durch die Stege (13) zwischen den Näpfchen (12) den Bedruckstoff (16) automatisch und zuverlässig auf einen geringen Abstand, so daß die mit dem Energiestrahle (17) ausgewählten Tropfen durch Berührung mit dem Bedruckstoff (16) den gewünschten Druckpunkt (18) bilden. Zusätzlich geben die Stege (13) zwischen den Näpfchen (12) der Drucksubstanz (11) eine Führung, so daß kleinste Druckpunkte (18) mit scharfen Abgrenzungen erzeugbar sind. Für die Befüllung der Näpfchen (12) mit Drucksubstanz (11) und für die Durchführung des eigentlichen Druckvorgangs werden die bekannten Verfahren aus der Tiefdrucktechnik eingesetzt.

In Fig. 1 ist eine Vergrößerung der Druckzylinderoberfläche (10) dargestellt. Hierbei ist (11) die Drucksubstanz, (12) das Näpfchen bzw. die Druckdüse, (13) der Steg zwischen den Näpfchen, (14) eine farbabstoßende Schicht (z. B. Silikonverbindungen) und (16) der Bedruckstoff.

Um den Anspruch der Erfindung zu verdeutlichen, wird ein Druckzyklus in Fig. 2 a-e dargestellt. Durch eine Rotationsbewegung des Druckzylinders (10) um seine Längsachse wird das mit Drucksubstanz (11) gefüllte Näpfchen (12), welches sich in dem Druckzylinder (10) befindet, dem Bedruckstoff (16) zugeführt. Kurz bevor es durch die Rotationsbewegung des Druckzylinders (10) zu einer Berührung der Stege (13) mit dem Bedruckstoff (16) kommt, wird durch einen kurzen Energiestrahlimpuls (17) (z. B. Laserstrahl) durch den für den Energiestrahle (17) transparenten Druckzylinder (10) hindurch eine Gasblase (15) in der Drucksubstanz (11) durch Energieabsorption erzeugt. Hierbei übernimmt der Energiestrahle (17) die Aufgabe der Tropfenauswahl. Da für eine Übertragung der Drucksubstanz (11) auf den Bedruck-

stoff (16) lediglich eine kurze Berührung der Druckschubstanz (11) mit dem Bedruckstoff (16) erforderlich ist, genügt es, daß die Volumenausdehnung der entstehenden Gasblase (15) nur einen Bruchteil des Näpfchengesamt volumens ausmacht. Bei einem angenommenen Näpfchendurchmesser und einer Näpfchentiefe von 30 mm besitzt das Näpfchen (12) bei einer ovalen Form ein Gesamtvolumen von ca. 17.500 mm³. Eine sehr schnelle Volumenausdehnung der Gasblase (15) von nur 1–5% des Gesamtvolumens würde in Kombination mit der entstehenden Druckwelle ausreichen, um die Tropfenablösung durch Berührung der Druckschubstanz (11) mit dem Bedruckstoff (16) unterstützt von den Adhäsionskräften zwischen Bedruckstoff (16) und Druckschubstanz (11) einzuleiten. Die dabei erforderliche Energie ist minimal. Bei dem angenommenen Lösungsmittel Wasser würde das Verdampfen von 1 mm³ Wasser einen Gesamtvolumengewinn von ca. 7% ausmachen. Die dabei erforderliche Energie beträgt lediglich 2,5 nJ. Das sind nur ca. 0,01% der Energiemenge, die bei herkömmlichen elektrothermischen Tintendruckverfahren benötigt werden. Die verhältnismäßig kleine Gasblase (15) verdrängt durch ihre Ausdehnung einen Teil der Druckschubstanz (11) in Richtung Bedruckstoff (16), Fig. 2b. Gleichzeitig verringert sich der Abstand zwischen den Stegen (13) und dem Bedruckstoff (16) so sehr, daß es zu einer Art abgedichteter Druckkammer zwischen Näpfchen (12) mit den Stegen (13) und dem Bedruckstoff (16) kommt, Fig. 2c. Durch Berührung der Druckschubstanz (11) mit dem Bedruckstoff (16) nimmt der Bedruckstoff (16) einen Teil der Druckschubstanz (11) auf, so daß sich ein Druckpunkt (18) bildet. In dieser zweiten Phase wird durch Berührung der Druckschubstanz (11) mit dem Bedruckstoff (16) die Tropfenablösung eingeleitet. Gleichzeitig übernehmen die Stege (13) durch die Berührung mit dem Bedruckstoff (16) eine druckpunktformgebende Aufgabe, so daß der entstehende Druckpunkt (18) sich in seiner Größe nicht übermäßig verändert. Der in der zweiten Phase eingeleitete Druckvorgang unterscheidet sich nicht mehr von dem Druckvorgang des bekannten und etablierten Tiefdrucks, so daß eine Druckpunktvergrößerung um den Faktor 1 bis 2 zu erwarten ist. Bei normalen Tintendrucksystemen ist eine Druckpunktvergrößerung um den Faktor 4 bis 10 die Regel. Das hat zur Folge, daß die entsprechende Druckdüse um den gleichen Faktor kleiner hergestellt werden muß, als die angestrebte Druckpunktauflösung auf dem Bedruckstoff. Um gute Druckqualitäten zu garantieren, sind Druckpunktauflösungen von mindestens 800 dpi (ca. 30 µm Punktdurchmesser) zu erzeugen. Bei den Tintendruckverfahren bedeutet das Düsendurchmesser von ca. 10–15 µm, die nur aufwendig mit heutigen Halbleitertechniken in großer Zahl hergestellt werden können.

Bei dieser Erfindung ist die Herstellung eines Druckzylinders (10) mit geeigneten Näpfchen (12) und einem Näpfchendurchmesser von ca. 25–30 µm schnell und unproblematisch, z. B. mit einem Laser, durchführbar.

Während der Druckschubstanzübertragung in Fig. 2c kollabiert die Gasblase (15) in der Druckschubstanz (11), und die Stege (13) lösen sich durch die Rotation des Druckzylinders (10) von dem Bedruckstoff (16). Gleichzeitig bleibt ein Teil der Druckschubstanz (11) durch Adhäsionskräfte auf dem Bedruckstoff (16) zurück. Dabei bildet sich eine Tropfeneinschnürung (19) zwischen Druckpunkt (18) und der in dem Näpfchen (12) verbleibenden Druckschubstanz (11) aus. Die farbabweisende Schutzschicht (14), die sich auf den Stegen (13) befindet, verhindert dabei das Koagulieren benachbarter Tropfen, Fig. 2d. Nach beendetem Druckvorgang haben sich die Stege durch Rotation des Druckzylinders (10) vollständig von dem Bedruckstoff (16) gelöst und können der im Zyklus ablaufenden Wiederbefüllung mit Druckschubstanz zugeführt werden, Fig. 2e.

Für die Ausbildung einer Gasblase (15) in der Druckschubstanz (11) sind grundsätzlich zwei Wege denkbar, Fig. 3a–b. Ein Energiestrahle (17) (z. B. Laser) kann durch die für den Energiestrahle (17) transparente Druckform (10) hindurch direkt in die Druckschubstanz (11) einkoppeln und durch Energieabsorption die Gasblase (15) erzeugen. Dieses Verfahren ist sehr schonend für die Farbpigmente in der Druckschubstanz (11), da mit sehr wenig Energie (ca. 2–50 nJ) und sehr kurzer Impulszeit (ca. 5 msec.) gearbeitet wird, Fig. 3a.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, von außen um das Näpfchen (12) herum eine für den Energiestrahle (17) undurchdringliche Absorptionsschicht (31) zu formen, um die benötigte Energie noch schonender für die Druckschubstanz (11) indirekt zu erzeugen. Die Energie des Energiestrahlens (17) wird dabei in der Absorptionsschicht (31) direkt in Wärme umgewandelt, um dann anschließend durch Bildung einer Gasblase (15) in der Druckschubstanz (11) die Wärme wieder abzugeben, Fig. 3b.

Das Aussehen und die technische Anordnung des Druckzylinders (10) wird in der Fig. 4a–b beschrieben. Dabei handelt es sich um einen transparenten runden Zylinder (10) aus Glas oder Polymer, der vorher durch geeignete Verfahren (z. B. Lasergravur) mit kleinen Näpfchen (12) versehen wurde. In dem drehbar gelagerten Druckzylinder (10) befindet sich senkrecht zur Rotationsachse z. B. ein geeignetes Lasersystem (20), welches durch kurze Impulse die oben aufgeführten Druckschritte einleitet. Dabei ist es möglich, daß es sich um ein Einstrahl Lasersystem mit geeigneter Drehspeleoptik oder um eine Halbleiterlaserdiodenzeile mit passender optischer Fokussierung handelt. In beiden Fällen wird der Energiestrahle (17) digital angesteuert.

Eine andere Variante ist in Fig. 4b dargestellt. In diesem Fall wird der Druckzylinder (10b) aus einem transparenten Material (Glas, Polymer) hergestellt, aber vorher nicht mit Näpfchen (12) versehen. Es handelt sich um einen auf der Innen- und Außenseite völlig glatten transparenten Zylinder, der drehbar gelagert wird. Um den Druckzylinder (10b) herum wird nachträglich eine leicht austauschbare und mit Näpfchen (12) versehene Hülse (21) aus transparentem Material (Polymer) gestülpt. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich dabei um eine geschlossene Hülse (21) oder um eine in Bogenform um den Druckzylinder (10b) herumzuführende Hülse (21) handelt, die anschließend durch geeignete Verfahren fixiert werden muß. Die zweite Variante in Fig. 4b dient dem schnellen Auswechseln verschlissener oder fehlerhafter Druckzylinderoberflächen.

Die Art und Weise der individuellen Tropfenauswahl, also der Erzeugung der die Druckinformation tragenden Druckpunkte (18), soll nunmehr beschrieben werden. Das neuartige Verfahren sieht dazu vor, daß aus den die Druckzylinderoberfläche 10 vollflächig bedeckenden, farbführenden Näpfchen 12 ausschließlich diejenigen Näpfchen mittels Energiestrahle 17 zu einer Volumenänderung angeregt werden, die das Druckbild bzw. die Bild- und/oder Textwiedergabe auf dem Bedruckstoff ergeben. Durch die kontinuierliche Füllung der Näpfchen 12 mit Druckschubstanz 11 ist somit auch jedes Näpfchen bei jeweils einer Umdrehung des Druckzylinders 10 anregbar. Damit wird ein derartiges Druckverfahren zu einer Endlos- Druckeinrichtung, sofern die vorher oder zumindest parallel erarbeiteten digitalen Daten als Punkt- oder Pixelwerte anstehen. Die Energiestrahleinheit (20) wird dabei digital über ein passendes Interface und einen Computer

mit Rechner/Speicher gesteuert.

Dabei wird im Falle eines Einstrahl- Systems über eine passende Spiegeloptik der Energiestrahlen zeilenweise über die Innenseite des Druckzylinders (10) parallel zur Drehachse geführt. Dabei wird jeweils an der Stelle ein kurzer Energiestrahlpuls emittiert (ca. 5 msec.) und auf das darunter liegende Näpfchen (12) fokussiert, an der anschließend ein Druckpunkt erzeugt werden soll. Dieser Vorgang wiederholt sich zyklisch, wobei die Energiestrahleinheit (20) mit den Umdrehungen des Druckzylinders (10) und den digital zu transportierenden Daten synchronisiert wird.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß die Energiestrahleinheit (20) nicht aus einer Strahlquelle, sondern aus vielen (mehreren tausend) in einer Reihe angeordneten Halbleiterelementen besteht, vergleichbar mit der Laserdiodenzeile in handelsüblichen Laserdruckwerken. In diesem Fall würde zu jedem Näpfchen (12) ein laseremittierendes Element gehören, das synchron zur Rotationsbewegung des Druckzylinders (10) und den digitalen Daten kurze Laserimpulse emittieren und so den Druckvorgang einleiten würde. Die Herstellung solch einer Laserdiodenzeile mit mehreren tausend einzeln digital ansteuerbaren Laseremittern von ca. 30 mm Durchmesser ist heute Stand der Technik. Solche Laserdiodenzeilen mit ähnlichen Dimensionen werden in Laserdruckwerken für elektrofotografische Verfahren eingesetzt.

Eine andere Möglichkeit der Druckzylinder-Bebildung, wie in Fig. 5 dargestellt, besteht darin, auf der Innenseite der Drucktrommel (10) eine lichtundurchlässige Schicht (22) aufzubringen, die gezielt durch verschiedene Verfahren punktuell lichtdurchlässig gemacht werden kann. So kann das zu druckende Bild zuerst auf der Schicht (22) durch gezieltes punktuell transparent machen der nichttransparenten Schicht (22) reproduziert werden. Anschließend wird mit einem Einstrahlssystem (20) oder Zeilenmehrstrahlssystem (20) das auf der Schicht (22) reproduzierte Bild zeilenweise und synchron zur Rotationsbewegung des Druckzylinders (10) abgetastet. Dabei wird an der Stelle ein Druckpunkt (18) auf dem Bedruckstoff (16) generiert, an der die Schicht (22) vorher transparent gemacht wurde und der Energiestrahle passieren kann.

Dabei ist denkbar, daß die Schicht (22) aus einem LC-Display bestehen könnte, das digital entsprechend den Bildinformationen verändert werden kann. Der Vorteil eines solchen Verfahrens besteht darin, daß in diesem Fall die Bildinformationen nicht jedesmal über die Modulation der Energiestrahlequelle (20) erfolgen müssen. Das reduziert im erheblichen Maße die Menge der digital zu transportierenden Daten, so daß mit dem Einsatz der Schicht (22) in dem vorgeschlagenen Druckverfahren die Druckgeschwindigkeit erheblich gesteigert werden könnte. Es ist genauso denkbar, daß die Schicht (22) ein in der Druckbranche üblicher reproduzierbarer Film ist, der einfach auf die Innenseite der Drucktrommel (10) mit einem geeigneten Verfahren festgespannt wird. In diesem Fall könnten auch ältere nicht digitale Daten verarbeitet werden. Die Schicht (22) könnte auch ein Polymer sein, das durch nicht näher beschriebene Verfahren durch eine zweite in der Trommel befindlichen Anlage und durch die Drehung der Drucktrommel (10) in seiner physikalischen Beschaffenheit so verändert werden kann, daß ein Drucken im beschriebenen Sinne möglich wäre.

Eine noch weitere Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Übertragung einer bestimmten Druckinformation von Bild- und jeder Text besteht darin, daß der Druckzylinder 10 entsprechend dem bekannten Tiefdruckverfahren an seinem dem Bedruckstoff zugewandten Außenumfang ausschließlich mit Vertiefungen oder Näpfchen versehen wird, die der zu druckenden Bild- und/oder Textinformation entsprechen. Dies kann beispielsweise auf herkömmliche Art mittels eines Lasergravurgerätes erfolgen. Der dann in das Druckwerk eingesetzte Druckzylinder 10 wird wiederum, wie vorstehend bereits beschrieben, entweder mit einem zeilenweisen Energiestrahlpuls 17 beaufschlagt, wobei dann ausschließlich die die Druckinformation darstellenden Näpfchen 12 angergt werden, oder mittels einer über die Zylinderbreite reichenden Energiezeile 20 zum gleichzeitigen Übertragen der Druckpunkte einer Zeile genutzt. Diese Nutzung eines Einmalzylinders kann für hohe Druckauflagen bei gleichzeitiger Steigerung der Druckgeschwindigkeit Verwendung finden.

Nachdem das Druckverfahren ausreichend erläutert wurde, wird in Fig. 6a-b das Drucksystem näher beschrieben. Dabei wird durch geeignete Rollen- oder Bogenverfahren der Bedruckstoff (16) gefaßt und den Synchronwalzen (27) zugeführt. Die Synchronwalzen (27) haben die Aufgabe, den Transport des Bedruckstoffs (16) exakt zu der Rotationsbewegung des Druckzylinders (10) zu synchronisieren. Nach erfolgter Synchronisation des Bedruckstoffs (16) wird dieser dem Druckzylinder (10) zugeführt und durch die Andruckwalze (28) mit einem gleichmäßigen Andruck auf den Druckzylinder (10) versehen. Diese Methodik gleicht dem konventionellen Tiefdruck und wird bestens beherrscht. Das Einfärben des Druckzylinders (10) mit Drucksubstanz (11) unterscheidet sich etwas von den Einfärbemechanismen des konventionellen Tiefdrucks. Nach erfolgtem Druck wird der Druckzylinder durch Rotation um die Längsachse der Einfärbewalze (23) zugeführt. Anschließend wird der Druckzylinder (10) von überschüssiger Drucksubstanz (11) mit einer Rakel (24) befreit. Daran schließt sich eine Drucksubstanzabnahmemwalze (26) an, die die Aufgabe hat, alle Näpfchen (12) wieder teilweise zu entleeren, so daß es nur durch eine Stimulation mit dem Energiestrahle (17) zu einer Entleerung der Näpfchen (12) und somit zum Druck kommen kann. Bei den nichtstimulierten Näpfchen (12) findet keine Drucksubstanzübertragung auf den Bedruckstoff (16) und somit kein Druck statt. Anschließend wird die Drucksubstanzabnahmemwalze (26) von einer zweiten Rakel (25) von überschüssiger Drucksubstanz befreit.

Für den Fall einer farbabweisenden Beschichtung (14) auf dem Druckzylinder (10) kann die erste Rakel (24) entfallen.

In Fig. 7 ist die Konstruktion eines mehrfarbigen Druckwerks skizziert, das durch Hintereinanderschalten verschiedener Druckwerke erzeugt werden kann.

Ein weiterer Aspekt für die Tropfenauswahl ist in Fig. 8a-b skizziert. In den bisherigen Beispielen wurde die Tropfenauswahl durch einen Energiestrahle (17) durchgeführt. Es ist aber genauso möglich, die Tropfenauswahl durch gezielte und punktuelle Erzeugung eines elektrostatischen Ladungsgefälles zwischen Drucksubstanz (11) und einer punktuell entladbaren Bildtrommel (29), z. B. durch ein Lasersystem (17), herbeizuführen, Fig. 8a. Dabei wird der Druckzylinder (10) homogen mit einer elektrischen Ladung versehen. Die Bildtrommel (29) wird gleichfalls homogen mit der entgegengesetzten Ladung versehen und anschließend mit einem passenden Entladungssystem, z. B. Lasersystem (17), punktuell von elektrischer Ladung befreit. Durch Rotation der Trommeln (10) und (29) kommt es zur Berührung der teilweise, entsprechend den Bildinformationen, entladenen Bildtrommel (29) und des mit Drucksubstanz (11) gefüllten Druckzylinders (10). Dabei entleert sich das Näpfchen (12) von der Drucksubstanz (11) an der Stelle, wo die Bildtrommel (29) noch nicht von der entgegengesetzten elektrischen Ladung befreit wurde. Die elektrostatische Anziehungskraft zwischen

Drucksubstanz (11) und Bildtrommel (29) führt zu einer Berührung der Drucksubstanz (11) mit der Bildtrommel (29), was zu einer Drucksubstanzübertragung führt. Nach erfolgter Drucksubstanzübertragung bewegt sich das so geformte Bild auf der Bildtrommel (29) dem Bedruckstoff (16) durch Rotation zu, so daß anschließend das Bild durch Berührung der Bildtrommel (29) und der Drucksubstanz (11) mit dem Bedruckstoff (16) übertragen wird. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Drucksubstanzübertragung nicht mit elektrostatischen, sondern mit magnetischen Kräften einzuleiten. In diesem Fall ist die Drucksubstanz (11) magnetisch und die Bildtrommel (29) punktuell magnetisierbar.

Ein anderes Verfahren wird in Fig. 8b beschrieben. Bei diesem Verfahren wird der Bedruckstoff (16) homogen elektrostatisch aufgeladen. Der Druckzylinder (10) wird mit der entgegengesetzten elektrischen Ladung homogen versehen und anschließend punktuell von dieser Ladung befreit und so das zu druckende Bild elektrostatisch übertragen. Danach bewegt sich das elektrostatische Bild durch Rotation des Druckzylinders (10) auf den Bedruckstoff (16) zu und wird durch Berührung des Druckzylinders (10) mit dem Bedruckstoff (16) durch elektrostatische Drucksubstanzübertragung auf den Bedruckstoff (16) abgebildet.

Für den Fall einer gewünschten Dichteänderung der Druckpunkte 18 auf dem Bedruckstoff 16 kann die ansonsten gleichlaufende Umfangsgeschwindigkeit zwischen Druckzylinder 10 und Bedruckstoff 16 dahingehend geändert werden, daß an der Berührungsstelle oder Druckstelle eine Geschwindigkeitsdifferenz einstellbar ist. Diese Druckgeschwindigkeitsdifferenz kann zumindest in einer Richtung, vorzugsweise in Zeilenfallrichtung, dazu genutzt werden, die Beabstandung der Druckpunkte 18 auf dem Bedruckstoff zueinander, also mit Abstand, gerade berührend oder überlappend, zu beeinflussen, bzw. zu steuern. Damit kann eine Erhöhung der Druckdichte oder Auflösung erreicht werden, oder ein in seiner Qualität noch nicht so eminent wichtiger Probedruck erzeugt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Drucken eines Druckbildes auf einen Bedruckstoff mittels einer Vielzahl von Näpfchen tragenden zylindrischen, transparenten Druckform, mit einer im Inneren befindlichen Energiequelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Näpfchen (12) kontinuierlich eine flüssige, meniskusbildende Drucksubstanz (11) eingebracht wird, wobei die Drucksubstanz (11) in den Näpfchen (12) mittels eines induzierten Vorganges einer energieabgebenden Einrichtung (20, 17) soweit eine Volumen- oder Positionsänderung erfährt, daß die Drucksubstanz (11) über die Oberfläche der Druckform (10) anwächst und somit die Übertragung eines Druckpunktes (18) auf einen angenäherten Bedruckstoff (16) erfolgt.
2. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Druckform (10) ein rotierender Druckzylinder (10) dient, dessen Oberfläche mit einer bestimmten Anzahl von vertiefenden Näpfchen (12) entsprechend einer bestimmten Abbildung versehen ist die dem Druckbild oder der Druckinformation entsprechen, wobei eine im Inneren des Druckzylinders (10) stationär angeordnete energieabgebende Einrichtung (20) über einen Energiestrah (17) die flüssige Drucksubstanz (11) in den Näpfchen (12) zu einer Volumen- oder Positionsänderung anregt und somit die Druckpunkte (18) auf den angenäherten Bedruckstoff (16) übertragen werden.
3. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Druckform (10) ein für den Energiestrah (17) transparentes Material, insbesondere aus Glas oder einem Polymer, verwendet wird.
4. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiestrah (17) seine Energie an eine an den Näpfchen (12) befindliche Absorptionsschicht (19) abgibt und durch Wärmeübertragung aus der Absorptionsschicht (31) in die Drucksubstanz (11) die thermisch-physikalische Reaktion in der Drucksubstanz (11) eingeleitet wird, wobei sich die Schicht (31) auf der Innen- und/oder Außenseite des Näpfchens (12) befindet.
5. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch digitale Modulation des Energiestrahl (17) das zu druckende Bild übertragen wird.
6. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zu druckende Bild auf eine auf der Innenfläche des Druckzylinders (10) und aus einem für den Energiestrah nicht transparenten Material bestehenden Schicht (22) reproduziert wird, wobei die Schicht (22) an den der Druckinformation entsprechenden Stellen punktuell für den Energiestrah transparent gemacht wird.
7. Druckverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (22) direkt digital angesteuert wird.
8. Druckverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (22) aus einem austauschbaren Polymerfilm besteht, der vorher durch photochemische Verfahren vorbereitet wurde.
9. Druckverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (22) aus einem Material besteht, das durch Magneto-Optische Verfahren in für den Energiestrah (17) transparente und nicht transparente Stellen separiert wird.
10. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch einen Energiestrah (17) von außerhalb des Druckzylinders (10) die thermisch-physikalische Reaktion durch Energieabsorption der in dem Näpfchen (12) vorhandenen Drucksubstanz (11) eingeleitet wird.
11. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch einen Energiestrah (17) von hinten durch eine transparente Form hindurch die thermisch-physikalische Reaktion durch Energieabsorption der in einem Näpfchen (12) befindlichen Drucksubstanz (11) eingeleitet wird, wobei das Näpfchen (12) eine zweite kleinere Öffnung aufweist, die mit einem Drucksubstanzvorratsbehälter verbunden ist.
12. Druckverfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mit einem Energiestrah (17) von hinten durch eine transparente Form hindurch die thermisch-physikalische Reaktion in einer Absorptionsschicht (22) eingeleitet wird, die indirekt durch Erwärmung zur Verdampfung oder Wärmeausdehnung der Drucksubstanz (11) führt.
13. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit Näpfchen (12) versehener Druckzylinder (10) eingefärbt wird und anschließend die Näpfchen (12) durch eine oder mehrere Walzen (26) wieder von überschüssiger Drucksubstanz (11) befreit werden.
14. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine drucksubstanzabweisende Schutzschicht

(14), auf den Stegen (13) des Druckzylinders (10) verwendet wird.

15. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsveränderung des Meniskus der Drucksubstanz (11) in den Näpfchen (12) durch unterschiedliche elektrostatische Anziehungskräfte herbeigeführt wird, wobei entweder die Drucktrommel (10) oder die Bildtrommel (29) oder beide zusammen punktuell entladen werden.

16. Druckverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsveränderung des Meniskus der Drucksubstanz (11) in den Näpfchen (12) durch unterschiedliche magnetische Anziehungskräfte herbeigeführt wird, wobei eine magnetische Drucksubstanz (11) verwendet wird und entweder die Drucktrommel (10) oder die Bildtrommel (29) oder beide zusammen punktuell entmagnetisiert werden.

17. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen elektrostatischen Anziehungskräfte durch eine Bildtrommel (29) herbeigeführt werden, wobei die Bildtrommel (29) durch geeignete Verfahren punktuell von elektrostatischer Ladung befreit wird.

18. Druckverfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Druckzylinder (10) und Bedruckstoff (16) gleiche oder unterschiedliche Druckgeschwindigkeiten eingestellt werden.

19. Druckeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckzylinder (10) an der Innen- und Außenfläche glatt ist, über den eine aus einem für den Energiestrahle transparenten Material bestehenden nahtlosen Hülse (21), die mit den Näpfchen (12) an der Außenfläche versehen ist, stülplbar ist.

20. Druckeinrichtung nach Anspruch 19 dadurch gekennzeichnet, daß die Hülse (21) in offener Bogenform um den Druckzylinder (10) austauschbar befestigt ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

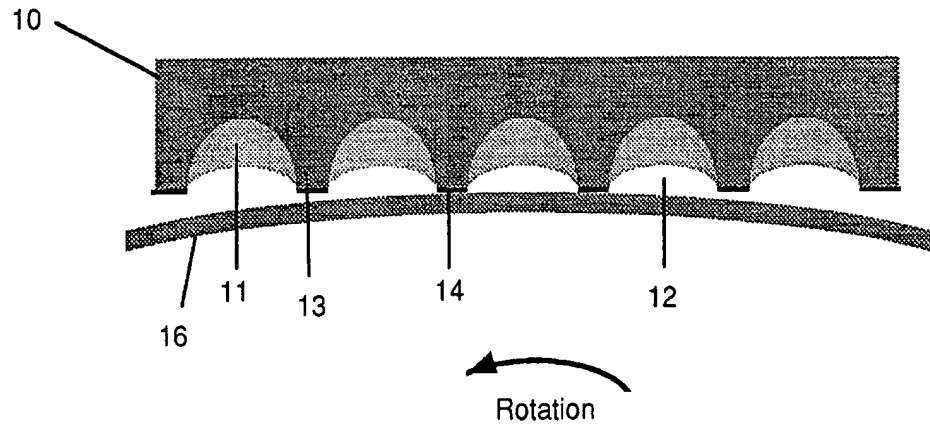


Fig. 2

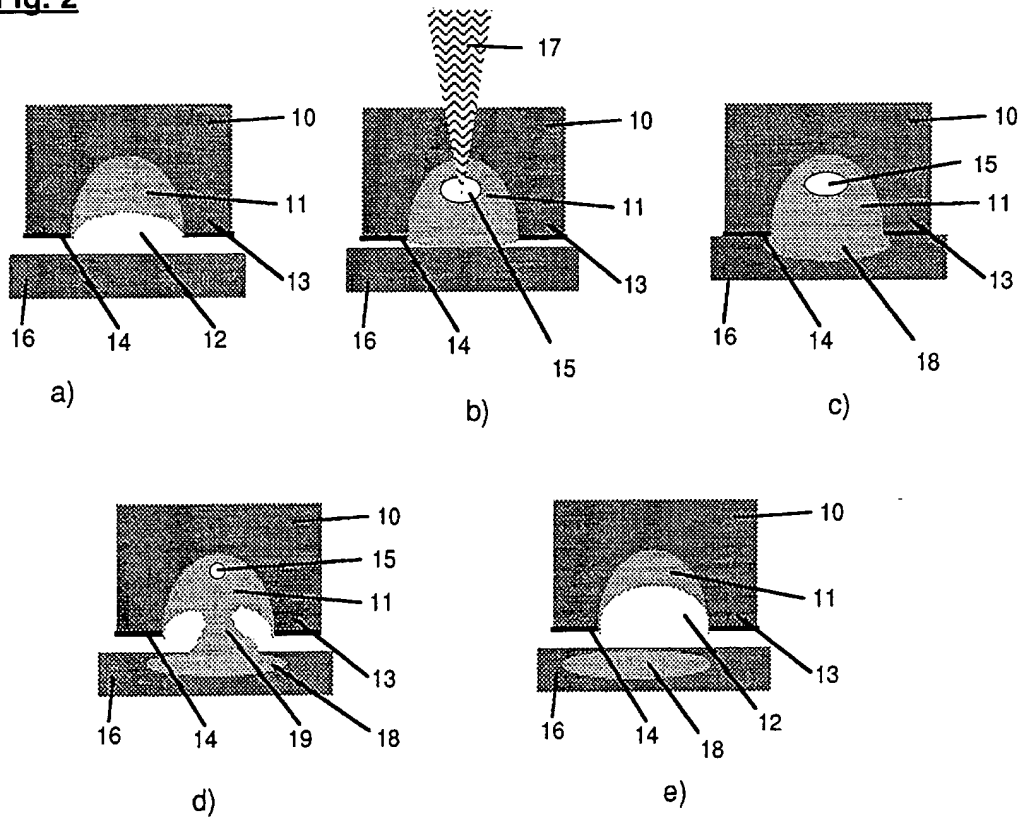


Fig. 3

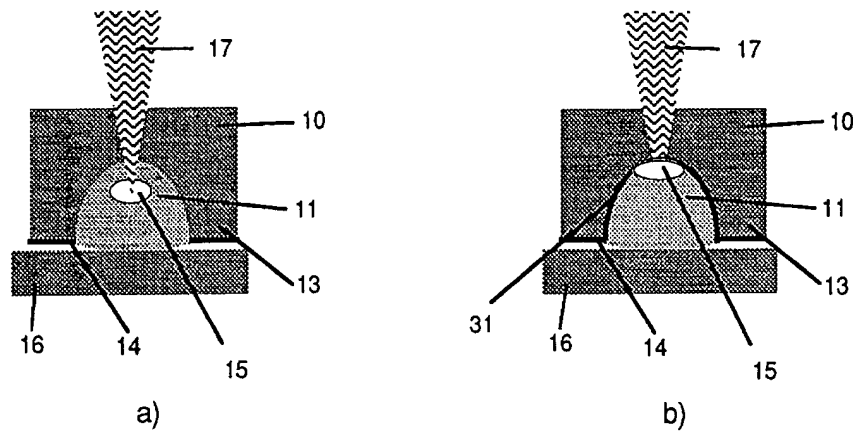


Fig. 4

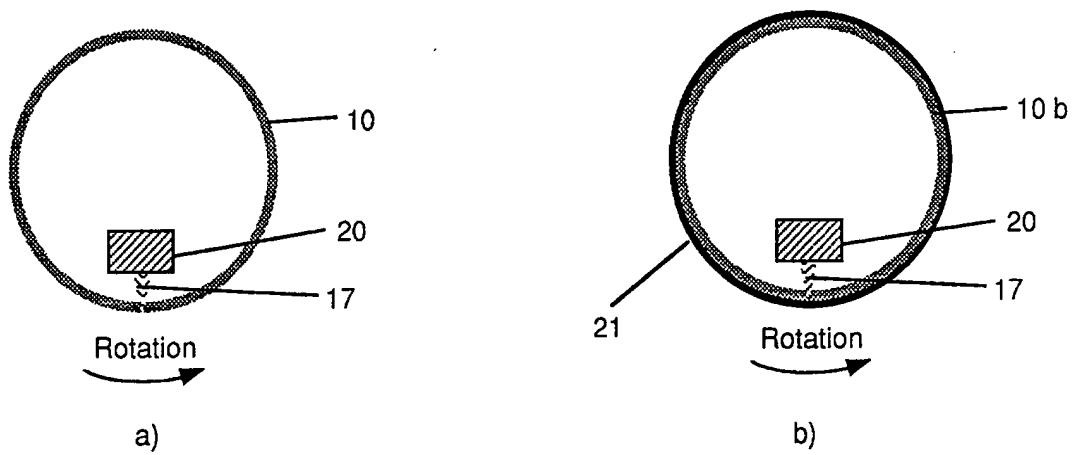


Fig. 5

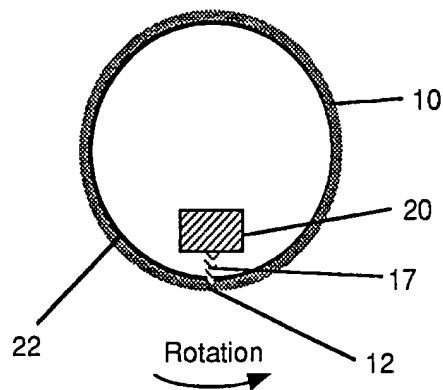


Fig. 6

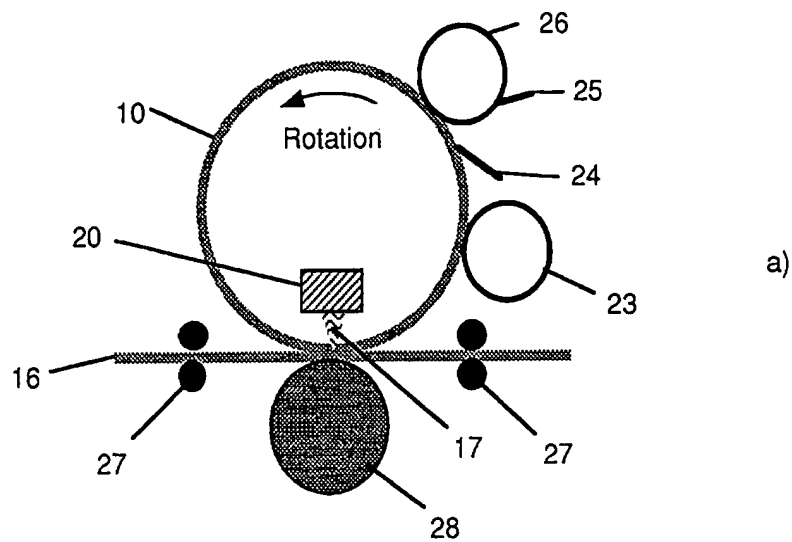


Fig. 7

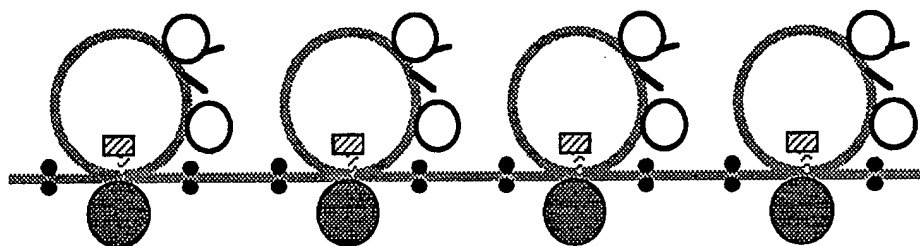
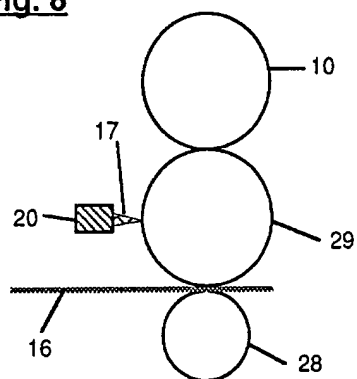
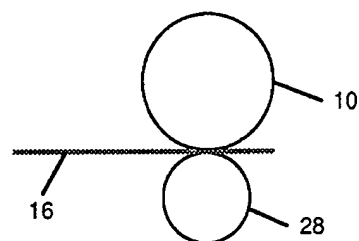


Fig. 8



a)



b)